

VORRICHTUNG ZUM MESSEN DER DISTANZ ZU FERNEN UND NAHEN  
OBJEKTEN

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen der Distanz zu nahen und fernen Objekten, an denen von der Vorrichtung modulierte und ausgesendete Laserstrahlen reflektiert werden, nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 4.

Derartige Vorrichtungen zum Messen der Distanz zu einem Objekt mit einer Genauigkeit innerhalb weniger Millimeter sind seit langem bekannt und werden heute in grosser Zahl für unterschiedlichste Anwendungen, insbesondere im Vermessungs- und Bauwesen, eingesetzt. Zum Messen der Distanz wird von einer derartigen Vorrichtung ein Sendebündel optischer Strahlen gegen das zu messende Objekt projiziert. Wenigstens ein Teil der Strahlen des Sendebündels wird vom Objekt reflektiert. Über eine Optik der Vorrichtung werden Strahlen eingesammelt, die am Objekt reflektierte Strahlen und störende Hintergrundstrahlen umfassen, und von einem Empfänger der Vorrichtung in ein einziges elektrisches Signal umgewandelt, das ein den jeweiligen Strahlen zuordenbares Nutzsignal bzw. Hintergrundrauschen umfasst. Aufgrund der Ausbreitungsgeschwindigkeit optischer Strahlen kann durch Auswertung des elektrischen Signals die Distanz zum Objekt bestimmt werden.

In Abhängigkeit der jeweiligen Anwendung und des dabei erforderlichen Distanzbereichs wird auf unterschiedliche Arten von Objekten gemessen.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

BEST AVAILABLE COPY

- 2 -

Auf ein Objekt, das die gesendeten Strahlen ungerichtet gestreut zur Vorrichtung zurück reflektiert, lassen sich einerseits Messungen der Distanz in einem Bereich von einigen Zentimetern bis zu einigen hundert Metern

5 durchführen. Ein solches Objekt weist typischer Weise eine natürlich raue Oberfläche auf. Die Distanz wird dabei durch den vom Sendebündel bestrahlten Bereich der Oberfläche bestimmt. Die Grösse des beleuchteten Bereichs bestimmt damit die örtliche Auflösung der Messung auf der Oberfläche

10 des streuend reflektierenden Objekts. Eine hohe örtliche Auflösung ist bei vielen Objekten eine Voraussetzung für eine genaue Messung. Je geringer die Divergenz des Sendebündels ist, umso kleiner ist der beleuchtete Bereich und umso höher ist - gemäss der DE 198 40 049 A1 - im

15 Allgemeinen die prinzipiell erreichbare Genauigkeit der Messung der Distanz auf ein gestreut reflektierendes Objekt.

Auf ein Objekt, das die gesendeten Strahlen gerichtet zur Vorrichtung zurück reflektiert, lassen sich andererseits

20 Distanzmessungen in einem weiten Bereich von einigen Zentimetern bis zu mehreren Kilometern durchführen. Ein gerichtet reflektierendes Objekt ist in der Praxis oft als Eckwürfelprisma aus geschliffenem Glas ausgebildet. Da ein solches Objekt eine um viele Grössenordnungen grössere

25 Retroreflektivität aufweist als ein gestreut reflektierendes Objekt, kann von der Vorrichtung nur das gerichtet reflektierende Objekt selektiv gemessen werden. Auf dieser Eigenschaft basieren heute auch automatische

30 Zielsucheinrichtungen vieler Vermessungsinstrumente. In an sich bekannter Weise muss eine Vorrichtung zum Distanzmessen umso weniger exakt auf ein solches Objekt ausgerichtet sein, je grösser die Divergenz des Sendebündels ausgebildet ist. Ohne ein exaktes Ausrichten der Vorrichtung kann - gemäss

- 3 -

der DE 198 40 049 A1 - der Komfort beim Distanzmessen auf ein gerichtet reflektierendes Objekt, insbesondere bei nahen und mittleren Distanzen, erheblich gesteigert werden.

- 5 Bei derartigen Vorrichtungen sind zwei unterschiedliche Grundformen der Anordnung des Sendebündels relativ zum Empfangsbündel bekannt. Bei der monoaxialen Grundform ist ein gemeinsames Objektiv für das Empfangsbündel und das Sendebündel vorgesehen. Das Sendebündel ist heute in der  
10 Regel mit Hilfe eines zentralen Reflexionselements innerhalb des Empfangsbündels angeordnet. Dafür ist zentrale Reflexionselement in der Regel auf der optischen Achse des gemeinsamen Objektivs angeordnet. Bei der biaxialen Grundform sind hingegen das Empfangsbündel und das  
15 Sendebündel in einem Abstand zueinander angeordnet. Dabei ist für das Sendebündel und das Empfangsbündel jeweils separates Objektiv vorgesehen.

- Gegenüber der jeweils anderen Grundform weisen beide  
20 Grundformen Vor- und Nachteile auf, denen je nach Anwendung unterschiedliche Gewichtung zukommt.

- Unabhängig von der Grundform kommt es jedoch bei derartigen Vorrichtungen, wenn keine speziellen Massnahmen getroffen  
25 werden, beim Messen auf ein nahes Objekt zu einem Problem beim Detektieren der am Objekt reflektierten Sendestrahlen, da - unabhängig von der Grundform - ab einer gewissen Distanz die vom Empfänger umzuwandelnden, reflektierten Sendestrahlen umso weniger werden, je näher das Objekt bei  
30 der Vorrichtung ist. Unterschreitet dabei das den reflektierten Sendestrahlen zugeordnete Nutzsignal eine kritische Stärke, so wird die Genauigkeit oder die Schnelligkeit der Messungen beeinträchtigt oder ein Messen

- 4 -

sogar ganz verunmöglicht.

Bei einer Vorrichtung von monoaxialer Grundform kann es aufgrund einer Abschattung durch das zentrale

5 Reflexionselement beim Messen auf ein nahes Objekt zu einem Problem beim Detektieren kommen. Durch das Reflexionselement wird wenigstens einem Teil der vom Objektiv eingesammelten, reflektierten Sendestrahlen der Weg zum Empfänger versperrt. Je näher das zu messende Objekt bei der Vorrichtung ist,

10 umso mehr wandern in der Brennebene des Objektivs die eingesammelten Sendestrahlen vom Zentrum gegen die Peripherie hin weg und können je nach Ausbildung des Empfängers für ein Umwandeln in ein elektrisches Signal verloren gehen. Sowohl bei Messungen auf ein nahes,

15 gerichtet reflektierendes Eckwürfelprismas, auf dessen Ecke das Sendebündel zentrisch ausgerichtet ist, als auch bei Messungen auf ein nahes, gestreut reflektierendes Objekt kann das Nutzsignal einen kritischen Wert unterschreiten. Zur Vermeidung einer solchen Unterschreitung sind

20 unterschiedliche Massnahmen bekannt.

Aus der DE 101 28 484 A1 ist ein Entfernungsmessgerät bekannt, das ein gemeinsames Objektiv, ein als kollimierter Laserstrahl ausgebildetes Sendebündel sowie ein koaxial dazu

25 angeordnetes Empfangsbündel aufweist. Eine Massnahme zur Überwindung des Abschattungsproblems sieht drei nebeneinander angeordnete Lichtleiter vor, deren unterschiedlich grosse Eintrittsflächen nebeneinander in der Brennebene des Objektivs angeordnet sind. Messungen auf

30 ferne Objekte ist dabei die grösste Eintrittsfläche zugeordnet. Die von den Lichtleitern weitergeleiteten Empfangsbündel werden über eine Sammellinse auf einen Detektor abgebildet. Das Empfangsbündel ist durch die drei

- 5 -

Eintrittsflächen derart ausgedehnt geformt, dass auch nahe und ferne Objektentfernungen gemessen werden können. Eine alternative Massnahme sieht einen einzigen Lichtleiter mit einer Eintrittsfläche gleicher Ausdehnung vor. Da im

5 Allgemeinen auch der Umfang störender Strahlen des Hintergrunds proportional zur Eintrittsfläche des Lichtleiters ist, ist davor eine Lichtabschirmmaske angeordnet, um das Verhältnis von reflektierten Sendestrahlen und störender Strahlen des Hintergrunds zu

10 verbessern. Die Maske weist eine zentrale Öffnung und mindesten eine seitliche Öffnung auf, deren Durchmesser im Vergleich zur zentralen Öffnung kleiner ausgebildet ist.

Aus der DE 696 08 066 T2 ist ein Abstandsmessgerät bekannt,

15 das ein gemeinsames Objektiv, ein als kollimierter Laserstrahl ausgebildetes Sendebündel sowie ein koaxial dazu angeordnetes Empfangsbündel aufweist. Zum Messen kleiner Abstände auf gestreut reflektierende Objekte ist eine Ablenkvorrichtung vorgeschlagen, die gestreut reflektiertes,

20 von der optischen Achse des Objektivs gewandertes Messlicht wieder gegen die Achse hin ablenkt. Das Vorsehen derartiger Ablenkvorrichtungen verursacht bei der Herstellung solcher Geräte entsprechende Kosten.

25 Bei einer Vorrichtung von biaxialer Grundform kommt es bei Messungen auf ein nahes Objekt aufgrund einer Parallaxe des zueinander beabstandeten Sende- und Empfangsbündels zu Problemen beim Detektieren. Je näher das zu messende Objekt bei der Vorrichtung ist, umso mehr wandert in der Brennebene

30 das Empfangsbündel weg von der optischen Achse des beabstandeten Sendebündels. Sowohl bei Messungen auf ein nahes, gerichtet reflektierendes Eckwürfelprisma, auf dessen Ecke das Sendebündel zentrisch ausgerichtet ist, als

- 6 -

auch bei Messungen auf ein nahes, gestreut reflektierendes Objekt kann das Nutzsignal den kritischen Wert unterschreiten. Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl ganz unterschiedlicher Massnahmen gegen eine solche

5 Unterschreitung bekannt.

Aus der WO 03 / 002 939 A1 ist eine Vorrichtung zur optischen Distanzmessung von biaxialer Grundform mit einem als kollimierten Laserstrahl ausgebildeten Sendebündel und

10 einem optischen Detektor bekannt, dessen lichtempfindliche Fläche tropfen- oder keilförmig ausgedehnt ausgebildet ist, damit sie einer Strahlverschiebung am Zielobjekt reflektierter Sendestrahlen auch bei kleiner werdenden Zielobjektabständen genügt. Dabei verjüngt sich die Fläche

15 in Richtung der Strahlverschiebung kleiner werdender Zielobjektabstände.

Aus der DE 43 16 348 A1 ist eine Vorrichtung zur Entfernungsmessung von biaxialer Grundform mit einer in der

20 Brennebene bewegbaren Lichtleitfaser bekannt, die dem Empfangsbündel der Vorrichtung in Abhängigkeit der Entfernung zum zu messenden Objekt nachgeführt wird. Diese Massnahme reduziert einerseits die Geschwindigkeit beim Messen und erfordert andererseits eine aufwändige

25 Konstruktion.

Aus der DE 692 25 811 T2 ist eine optische Radareinrichtung für Fahrzeuge bekannt, deren Sendeinrichtung mittels einer Halbleiter-Laserdiode und einer multifokalen Optik auch ein

30 dekolliertes Sendebündel von Laserstrahlen bereitstellt und damit einen Fahrbahnabschnitt für eine optische Abstandsbestimmung von Hindernissen ausleuchtet. Mit einer derartigen Vorrichtung können kurze bis mittlere Distanzen

- 7 -

auf Dezimeter genau bestimmt werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung Mängel des Standes der Technik zu beheben und eine einfache Vorrichtung zum Distanzmessen  
5 bereitzustellen, mit der auf gerichtet oder gestreut reflektierende Objekte, die sich in einem weiten Bereich von nah bis fern zur Vorrichtung befinden, auf komfortable Weise genau gemessen werden kann.

10 Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 4 gelöst.

Beim Messen von Distanzen zu fernen und nahen Objekten werden von einer erfindungsgemässen Vorrichtung modulierte  
15 Laserstrahlen ausgesendet, die an den Objekten reflektiert werden. Die Vorrichtung weist ein Objektiv, Mittel zum Auswählen von Strahlen und einen Empfänger auf. Über das Objektiv werden Strahlen eingesammelt, die neben an den Objekten reflektierten Laserstrahlen auch  
20 Hindergrundstrahlen umfassen. Aus einem Bündel eingesammelter Strahlen werden über die Mittel diejenigen Strahlen ausgewählt, die einem zusammenhängenden Querschnittsbereich des Bündels angehören. Dabei weist der Querschnittsbereich einen ersten und wenigstens einen zweiten  
25 Abschnitt auf, wobei dem ersten von einem fernen und dem wenigstens zweiten Abschnitt von einem nahen Objekt reflektierte Laserstrahlen zugeordnet sind, und wobei über den zweiten Abschnitt nur ein Bruchteil der eingesammelten, vom nahen Objekt reflektierten Laserstrahlen ausgewählt  
30 wird. Über den Empfänger werden ausgewählte Strahlen des Bündels in ein einziges elektrisches Signal umgewandelt, über das mit Hilfe der Ausbreitungsgeschwindigkeit optischer Strahlen die Distanz bestimmbar ist. Gemäss der Erfindung

- 8 -

sind die Mittel derart ausgebildet sind, dass der wenigstens eine zweite zumindest die Ausdehnung des ersten Abschnitts aufweist. Dadurch kann das Bündel ausgewählter Strahlen ausserhalb der Vorrichtung derart geformt werden, dass

5 einerseits für ein komfortables Messen zum nahen Objekt ausreichend reflektierte Sendestrahlen umgewandelt werden und andererseits - insbesondere beim Messen auf ferne Objekte - das Hintergrundrauschen reduziert wird, wodurch der Messbereich der Vorrichtung ausgedehnt werden kann.

10

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es eine vorstehend genannte Vorrichtung bereitzustellen, das einen stetigen Verlauf des Nutzsignals mit kleinen Unterschieden in der Stärke des Nutzsignals über den Distanzmessbereich aufweist.

15 Dies kann erreicht werden, indem bei der Ausbildung der Verjüngung - ausgehend vom zweiten zum ersten Abschnitt - die zunehmende Intensität der am zunehmend näheren Objekt reflektierten, eingesammelten Laserstrahlen Berücksichtigung findet.

20

Zudem soll eine Vorrichtung zum Distanzmessen so weitergebildet werden, dass die Vorrichtung in einem Fernrohr eines Theodoliten integriert werden kann.

25 Weitere alternative oder vorteilhafte Aus- bzw. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Merkmalen der abhängigen Patentansprüche beschrieben.

Nachstehend wird die Erfindung anhand der Figuren rein

30 beispielhaft näher erläutert. Gleiche Gegenstände in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen, welche dieselben Funktionen ausüben, sind nachstehend mit gleichen



Bezeichnungen und Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematisch dargestellte Messanordnung mit einem gerichtet reflektierenden Objekt und einer  
5 erfindungsgemässen Vorrichtung von monoaxialer Grundform koaxial integriert in ein Fernrohr in Seitenansicht,
- Figur 2 eine vergrösserte Detailansicht erster Mittel zum  
10 Auswählen von Strahlen der Vorrichtung aus Figur 1 und ein Bündel projizierter Strahlen in Seitenansicht,
- Figur 3 eine vergrösserte Detailansicht der ersten Mittel  
15 aus Figur 2 in Draufsicht,
- Figur 4 einen Querschnitt durch das projizierte Strahlenbündel,
- 20 Figur 5 eine Gegenüberstellung von vier Draufsichten - der Figur 3 entsprechend - denen unterschiedliche Distanzen zum gerichtet reflektierenden Objekt zugrunde liegen,
- 25 Figur 6 eine diagrammatische Gegenüberstellung des Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnis eines elektrischen Signals dreier unterschiedlicher Vorrichtungen in Abhängigkeit der Distanz,
- 30 Figur 7 eine Gegenüberstellung von vier Draufsichten - der Figur 3 entsprechend - bei jeweils unterschiedlichen Distanzen zu einem gestreut

- 10 -

reflektierenden Objekt,

Figur 8 zweite Mittel zum Auswählen von Strahlen mit einer  
Zylinderlinse vor der Eintrittsfläche einer  
5 Lichtleitfaser,

Figur 9 dritte Mittel zum Auswählen von Strahlen mit einem  
Lichteinfangtrichter vor der Eintrittsfläche einer  
Lichtleitfaser,

10

Figur 10 vierte Mittel zum Auswählen von Strahlen mit einem  
zusammen gequetschten Endstück einer  
Lichtleitfaser,

15 Figur 11 eine schematisch dargestellte Messanordnung mit  
einem gerichtet reflektierenden Objekt und einer  
erfindungsgemässen biaxialen Vorrichtung von  
biaxialer Grundform in Seitenansicht,

20 Figur 12 eine vergrösserte Detailansicht fünfter Mittel zum  
Auswählen von Strahlen der Vorrichtung aus Figur 11  
in Draufsicht,

Figur 13 eine Gegenüberstellung von vier Draufsichten auf  
25 einen Detektor in der Brennebene des  
Empfangsobjektivs der Vorrichtung aus Figur 11 bei  
jeweils unterschiedlichen Distanzen zu einem  
gerichtet reflektierenden Objekt und

30 Figur 14 eine Gegenüberstellung von vier Draufsichten auf  
einen Detektor in der Brennebene des  
Empfangsobjektivs der Vorrichtung aus Figur 11 bei  
jeweils unterschiedlichen Distanzen zu einem

- 11 -

gestreut reflektierenden Objekt.

Figur 1 zeigt eine Messanordnung mit einem gerichtet  
reflektierenden Objekt und einer erfindungsgemässen  
5 Vorrichtung zum Messen der Distanz von monoaxialer  
Grundform, die in einem schematische dargestellten Fernrohr,  
beispielsweise eines Theodoliten, koaxial integriert ist.

Das gerichtet reflektierende Objekt ist hier als  
10 Eckwürfelprisma 8 ausgebildet und befindet sich in einer  
veränderlichen Distanz  $d$  zur Vorrichtung. Das Objekt kann  
zwischen einer nahen Distanz, von beispielsweise einem  
Meter, bis zu einer fernen Distanz, von beispielsweise einem  
Kilometer, von der Vorrichtung entfernt sein. Rein  
15 beispielhafte, schematische Darstellungen von Strahlen in  
den Figuren 1, 2 und 3 basieren auf einer nahen Distanz  $d$   
von etwa einem Meter. Die Vorrichtung zum Messen ist hier  
derart im Fernrohr integriert, dass ein Bündel von der  
Vorrichtung modulierter und zum Eckwürfelprisma 8  
20 ausgesendeter Laserstrahlen 1 koaxial zur Ziellinie der  
Vorrichtung ist.

In dieser Messanordnung wird das Eckwürfelprisma 8  
koinzidierend angemessen. Dabei ist die Ziellinie der  
25 Vorrichtung auf das Reflexionszentrum des  
Eckwürfelprismas 8, das durch dessen Ecke gebildet wird,  
ausgerichtet. Die ausgesendeten Laserstrahlen 1 werden hier  
in an sich bekannter Weise am Eckwürfelprisma 8  
punktsymmetrisch zur Achse des Bündels reflektiert. Dabei  
30 entspricht die Divergenz des Bündels von reflektierten  
Laserstrahlen 3 der Divergenz des Bündels von ausgesendeten  
Laserstrahlen 1.

- 12 -

Das Fernrohr mit integrierter Vorrichtung zum Messen der Distanz weist hier eine Laserdiode 25, ein zentrales Reflexionselement 21 von rechteckigem Querschnitt, ein Objektiv 2, einen wellenlängenselektiven Spiegel 24, eine Blende 12, eine Zentrierfassung 26, eine zylindrische Multimode-Lichtleitfaser 10, einen Empfänger 7, und ein Okular 23 auf.

Die Emissionsfläche der Laserdiode 25 zum Erzeugen modulierter Laserstrahlen ist hier wesentlich vor der senderseitigen Brennebene des Objektivs 2 angeordnet, wodurch die ausgesendeten Laserstrahlen 1 in Form eines dekollierten Bündels mit einer wesentlichen Divergenz auf das Eckwürfelprisma 8 projiziert werden. Die einzelnen Teilbündel des dekollierten Bündels weisen dabei unterschiedliche Divergenzwinkel auf, die im Wesentlichen proportional zum Relativwinkel der Ausbreitungsrichtung des jeweiligen Teilbündels zur Achse des dekollierten Bündels sind. Die Divergenz der Teilbündel nimmt dabei ausgehend von der Achse des dekollierten Bündels, wo die Ausbreitung des Lichtes im Wesentlichen parallel zur Achse verläuft, quer zur Achse stetig zu. Sie weist hier am Rand des Bündels von ausgesendeten Laserstrahlen 1 eine Divergenz von etwa fünf Millirad auf. Wenigstens ein Teil der ausgesendeten Laserstrahlen 1 wird am Eckwürfelprisma 8 reflektiert.

Vom Objektiv 2 werden Strahlen eingesammelt, die wenigstens einen Teil der am Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 sowie Hintergrundstrahlen 28 umfassen. Bei der in den Figuren 1, 2 und 3 vorgesehenen Distanz  $d$  von einem Meter wird das gesamte dekollierte Bündel ausgesendeter Laserstrahlen 1 am Eckwürfelprisma 8 zurück reflektiert und das gesamte dekollierte Bündel

- 13 -

reflektierter Laserstrahlen 3 eingesammelt. Nicht alle eingesammelten Strahlen können das zentrale Reflexionselement 21 aufgrund dessen Anordnung hier passieren.

5

Der Anteil der von an einem Objekt reflektierten, ausgesendeten Strahlen, die ein zentrales Reflexionselement passieren können, werden im Wesentlichen von der Art und Weise der Reflexion des Objekts, von der Divergenz  
10 ausgesendeter Strahlen, und nicht zuletzt von der Distanz des Objekts zur Vorrichtung bestimmt.

Die reflektierten Laserstrahlen 3, die das Reflexionselement 21 passiert haben, werden vom  
15 wellenlängenselektiven Spiegel 24 zurück gespiegelt, von der Rückseite des zentralen Reflexionselements 21 umgelenkt und auf die Blende 12 projiziert. Wenigstens ein Teil der projizierten Strahlen wird über die Lichtleiterfaser 10 zum Empfänger 7 weitergeleitet und dort in ein elektrisches  
20 Signal umgewandelt, aufgrund dessen dann in an sich bekannter Weise die gesuchte Distanz bestimmt wird. Auch bei Figur 1 entsprechenden Vorrichtungen mit einem dekollierten Bündel von ausgesendeten Laserstrahlen 1 können bei Messungen auf Objekte in sehr nahen Distanzen d  
25 Probleme auftreten, wenn reflektierte Laserstrahlen 3 nicht in einem für ein schnelles und sicheres Messen ausreichenden Masse zum Empfänger 7 gelangen können.

Figur 2 zeigt eine vergrößerte Detailansicht erster Mittel  
30 zum Auswählen von Strahlen der Vorrichtung aus Figur 1 und ein schematisch dargestelltes Bündel darauf projizierter Strahlen in Seitenansicht. Die ersten Mittel zum Auswählen von Strahlen weisen hier ein Endstück der

- 14 -

Lichtleiterfaser 10 und die Blende 12 auf. Die Blende 12 wird von der Zentrierfassung 26 knapp über der Eintrittsfläche der Lichtleiterfaser 10 in der empfängerseitigen Brennebene 20 gehalten. Das Bündel auf die Blende 12 projizierten Strahlen enthält am Eckwürfelprisma 8 aus Figur 1 reflektierte Laserstrahlen 3 und Hintergrundstrahlen 28, die eingesammelt, gespiegelt und umgelenkt wurden. Dabei liegen die reflektierten Laserstrahlen 3 in Form eines dekollierten Bündels mit einem gemeinsamen Sammelpunkt 29 vor, der hinter der empfängerseitigen Brennebene 20 hier im Endstück der Lichtleitfaser 10 liegt. Die Blende 12 weist eine längliche Blendenöffnung 13 auf, deren Öffnungsquerschnittsfläche in Figur 3 sichtbar ist.

15

Figur 3 zeigt eine vergrößerte Detailansicht der ersten Mittel aus Figur 2 mit Teilen der Blende 12, der Lichtleitfaser 10 und der Zentrierfassung 26 zusammen mit einem schematisch dargestellten Abbild des Bündels projizierter Strahlen in Draufsicht. Das in Figur 2 dargestellte Bündel projizierter Strahlen umfasst reflektierte Strahlen 3 und Hintergrundstrahlen 28, die - wie aus Figur 1 ersichtlich - vom Objektiv 2 eingesammelt und von der Rückseite des zentralen Reflexionselements 21 umgelenkt wurden. Die Blendenöffnung 13 der Blende 12 ist hier konzentrisch zur Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 angeordnet und weist eine zusammenhängende, längliche Querschnittsfläche auf, dessen beide Endabschnitte jeweils beidseitig Verbreiterungen aufweisen. Durch die Blendenöffnung 13 hindurch sind hier ein Teil der Zentrierfassung 26 und ein Teil der Eintrittsfläche der zylindrischen Lichtleiterfaser 10 sichtbar. Der Rand der Eintrittsfläche, der hier nicht sichtbar ist, ist durch eine

30

- 15 -

punkt-strichlierte Linie dargestellt.

Ein Teil des Bündels projizierter Strahlen wird an der Blende 12 abgeblockt. Der andere Teil des Bündels kann über  
5 die zusammenhängende, längliche Blendenöffnung 13 der Blende 12 hindurch treten. Ein wesentlicher Teil davon trifft auf die Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10. Auf diese Art und Weise werden aus dem Bündel projizierter Strahlen die Strahlen aus einem bestimmten Bereich des  
10 Querschnitts des Bündels ausgewählt.

Da - wie aus Figur 1 ersichtlich - der grösste Teil der eingesammelten, am nahen Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 das in diesem Ausführungsbeispiel rechteckig  
15 geformte, zentrale Reflexionselement 21 nicht passieren kann, bilden die passierenden reflektierten Laserstrahlen 3 einen schmalen, rechteckigen Rahmen 30, der hier über eine Vielzahl von Punkten schematisch dargestellt ist. Die Form des Rahmens 30 wird hier insbesondere durch die Form des  
20 zentralen Reflexionselements 21, durch die Distanz zum Eckwürfelprisma 8 und vom Ausmass der Dekollimation des Bündels bestimmt. Da ausgesendete Laserstrahlen 1 durch das Eckwürfelprisma 8 gerichtet zurück reflektiert werden, ist der Rahmen 30 relativ scharf abgegrenzt.

25 Eingesammelte Hintergrundstrahlen 28 aus Figur 1 und 2 befinden sich innerhalb eines Bereiches, dessen Begrenzung in Figur 3 durch eine strichlierte Kreislinie 31 dargestellt ist. Die Form und Ausdehnung dieses Bereichs wird hier unter  
30 anderem durch das Objektiv 2 bestimmt. Wie aus Figur 2 ersichtlich, können über die Blende 12 und die Eintrittsfläche der Lichtleiterfaser 10 neben den am Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 auch

- 16 -

Hintergrundstrahlen 28 ausgewählt und dann weitergeleitet werden.

Figur 4 zeigt einen in der Brennebene 20 aus Figur 2  
5 liegenden Querschnitt durch das Bündel von Strahlen, die auf die Blende 12 projiziert werden. Die strichlierte Kreislinie 31 begrenzt den Querschnitt des Bündels. Aus dem Bündel projizierter Strahlen werden - wie aus Figur 3 zu  
10 die Blendenöffnung 13 bzw. die Eintrittsfläche Strahlen eines zusammenhängenden ersten Querschnittsbereichs 34 ausgewählt. Dabei entspricht der erste Querschnittsbereich 34 mit den ausgewählten Strahlen hier  
15 Blendenöffnung 13 und der Eintrittsfläche der Lichtleiterfaser 10.

Der zusammenhängende erste Querschnittsbereich 34 weist hier in der Mitte einen ersten Abschnitt 5 und an den beiden  
20 Enden jeweils einen zweiten Abschnitt 6 auf. Die beiden zweiten Abschnitte 6 weisen - entsprechend den Verbreiterungen der Blendenöffnung 13 aus Figur 3 - eine grössere Ausdehnung als der erste Abschnitt 5 auf. Dennoch wird über die zweiten Abschnitte nur ein Bruchteil der  
25 eingesammelten, vom nahen Objekt reflektierten Laserstrahlen ausgewählt.

Wie aus Figur 1 und 3 zu ersehen, befinden die ausgewählten, von einem nahen Eckwürfelprisma 8 reflektierte Strahlen 3  
30 innerhalb jeweils eines der beiden zweiten Abschnitte 6. Die ausgewählten Strahlen, die neben reflektierten Laserstrahlen 3 auch Hintergrundstrahlen 28 enthalten, werden über die Lichtleiterfaser 10 zum Empfänger 7



- 17 -

weitergeleitet. Die ausgewählten Strahlen werden hier vom Empfänger 7 in ein elektrisches Signal umgewandelt, das neben einem eigentlich gewünschten Nutzsignal, das am Eckwürfelprisma 8 reflektierten Strahlen 3 zuordenbar ist, ein störendes Hintergrundrauschen aufweist, das den Hintergrundstrahlen 28 zuordenbar ist. Je kleiner das Verhältnis des Nutzsignals zum Hintergrundrauschen - die sogenannte Signal-to-Noise-Ratio SNR - ist, umso geringer ist im Allgemeinen die von der Vorrichtung maximal messbare Distanz d.

Figur 5 zeigt eine Gegenüberstellung von vier der Figur 3 entsprechenden, unterschiedlichen Draufsichten, wobei je nach Draufsicht die Distanz d des Eckwürfelprismas 8 aus Figur 1 einen Wert von in etwa einem, fünf, zwanzig oder grösser einhundert Metern aufweist.

Alle vier Draufsichten zeigen die nur teilweise sichtbare Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 und die Blendenöffnung 13, die in der empfängerseitigen Brennebene 20 aus Figur 2 liegt. Jede Draufsicht zeigt auf die Blende 12 aus Figur 3 projizierte, eingesammelte Strahlen mit in Form eines dekollierten Bündels vorliegenden, reflektierten Laserstrahlen 3. Da in Figur 1 ausgesendete Laserstrahlen 1 am Eckwürfelprisma 8 gerichtet reflektiert werden, sind hier die projizierten Abbilder der reflektierten Laserstrahlen 3 relativ scharf abgegrenzt.

Der ersten Draufsicht liegt - gleich wie in Figur 3 - die nahe Distanz d aus Figur 1 von etwa einem Meter zugrunde. Die reflektierten Laserstrahlen 3 bilden dabei den schmalen rechteckigen Rahmen 30 aus Figur 3. Die beiden vertikalen und horizontalen Rahmenteile weisen dabei nur eine Breite im

- 18 -

Bereich von einigen wenigen Hundertsteln Millimetern auf. Die relativ grosse Erstreckung der Eintrittsfläche der zylindrischen Lichtleitfaser 10 mit einem einen Durchmesser von typischer Weise einem Viertel bis einem ganzen  
5 Millimeter ermöglicht hier zusammen mit der länglichen Erstreckung der Blendenöffnung 13, dass selbst weit vom Zentrum entfernte, reflektierte Laserstrahlen 3 - von Messungen auf nahe Eckwürfelprismen - zum Empfänger gelangen können. Da zudem die beiden horizontalen Rahmenteile  
10 reflektierter Laserstrahlen 3 hier in den Verbreiterungen der Blendenöffnung 13 zu liegen kommen, können zusätzlich reflektierten Laserstrahlen 3, die das zentrale Reflexionselement passieren konnten, in die Eintrittsfläche eintreten und auf diese Weise ausgewählt werden. Dadurch  
15 können auch nahe Distanzen  $d$  zuverlässig und schnell gemessen werden.

Der zweiten Draufsicht liegt eine mittlere Distanz  $d$  von etwa fünf Metern zugrunde. Die reflektierten Laserstrahlen 3  
20 bilden einen halbrunden Rahmen 32 mit wesentlich breiteren Rahmenteilten, da die rechteckige Ausnehmung im Zentrum nur mehr ein Bruchteil der Rahmenfläche ausmacht. Die vertikalen Rahmenteile weisen an deren Aussenseite eine Rundung auf, da nicht mehr das gesamte dekollierte Bündel ausgesendeter  
25 Laserstrahlen vom Eckwürfelprisma aus einer Distanz  $d$  von etwa fünf Metern gerichtet zurück reflektiert wird. Obwohl die breiten horizontalen Rahmenteile hier in einem Abschnitt ohne Verbreiterung zu liegen kommen, enthalten sie ausreichend reflektierte Laserstrahlen 3, um Messungen  
30 sicher und schnell durchführen zu können.

Je grösser die Distanz  $d$  zum Eckwürfelprisma 8 aus Figur 1 gewählt wird, umso kleiner wird das projizierte Bild mit der

- 19 -

rechteckigen Ausnehmung des dekollierten Bündels  
reflektierter Laserstrahlen 3.

Der vierten Draufsicht liegt eine ferne Distanz  $d$  von  
5 grösser einhundert Metern zugrunde. Der Querschnitt des  
dekollierten Bündel eingesammelter und reflektierter  
Laserstrahlen 3 bildet hier in der empfängerseitigen  
Brennebene 20 aus Figur 1 eine Kreisfläche 33, die im  
Zentrum nach wie vor eine rechteckige, in Figur 5 nicht mehr  
10 sichtbare Ausnehmung aufweist. Die Kreisfläche 33 - mit vom  
fernen Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 -  
liegt zur Gänze innerhalb des ersten Abschnitts 5 des  
Querschnittsbereichs 34 aus Figur 4. Die Kreisfläche 33  
weist einen Durchmesser von etwa einem Zwanzigstel  
15 Millimeter auf. Damit kann das gesamte dekollierte Bündel  
reflektierter Laserstrahlen 3 durch den Mittenabschnitt der  
Blendenöffnung 13 - der hier dem ersten Abschnitt 5 aus  
Figur 4 entspricht - hindurch treten. Die Ausdehnung des  
Mittenabschnitts sollte zumindest diejenige der  
20 Kreisfläche 33 aufweisen.

In der Praxis wird die Ausdehnung des Mittenabschnitts der  
Blendenöffnung 13 mit Vorteil in etwa doppelt so gross wie  
die Ausdehnung des betreffenden Querschnitts des  
25 dekollierten Bündels von einem fernen Eckwürfelprisma 8  
reflektierter Laserstrahlen 3 gewählt.

Gleichzeitig werden ein Grossteil der in Figur 2  
dargestellten, in Richtung Eintrittsfläche projizierten  
30 Hintergrundstrahlen 28 durch die Blende 12 abgeblockt und  
können so nicht mehr durch die Blendenöffnung 13 in die  
Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 eintreten. Dadurch  
kann das Verhältnis zwischen den Hintergrundstrahlen 28 und

- 20 -

den am Eckwürfelprisma reflektierten Laserstrahlen 3 verbessert werden, da diese im Gegensatz zu den Hintergrundstrahlen 28 alle in die Eintrittsfläche eintreten können. Dies ist insbesondere für Messungen auf ferne  
5 Objekte von Vorteil.

Figur 6 zeigt eine rein schematische, diagrammatische Gegenüberstellung dreier Kurven SNR-1, SNR-2 und SNR-3, welche jeweils in Abhängigkeit der Distanz d den Verlauf des  
10 Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnisses SNR dreier elektrischer Signale darstellen, die drei unterschiedlichen Vorrichtungen zuordenbar sind. Der rechnerischen Bestimmung des jeweiligen Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnisses SNR, liegt die Messanordnung aus Figur 1 zugrunde. Auf der  
15 Abszisse der diagrammatischen Gegenüberstellung ist logarithmisch die Distanz d des Eckwürfelreflektors 8 von der Vorrichtung in Metern aufgetragen. Auf der Ordinate ist der zugeordnete Wert des Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnisses SNR aufgetragen.

20

Der Verlauf des Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnisses SNR des vom Empfänger 7 aus Figur 1 erzeugten, elektrischen Signals hängt sehr stark von der jeweiligen Ausbildung und Dimensionierung der Teile der Vorrichtung zum Messen der  
25 Distanz ab. Insbesondere die Gestaltung des Empfängers und ein Vorsehen von Mitteln zum Auswählen können dabei einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf haben.

Die als durchgehende Linie dargestellte erste Kurve SNR-1  
30 ist der erfindungsgemässen Vorrichtung zum Messen der Distanz aus den Figuren 1 bis 5 zugeordnet, bei welcher die ersten Mittel - die Blende 12 in Kombination mit der grossflächigen, dicken Lichtleitfaser 10 - zum Auswählen von

- 21 -

Strahlen vorgesehen sind. Da sich die längliche  
Blendenöffnung 13 quer über die Eintrittsfläche der dicken  
Lichtleitfaser 10 erstreckt, können auch am nahen  
Eckwürfelprisma 8 reflektierte Laserstrahlen 3 in  
5 ausreichender Anzahl in die Lichtleitfaser eintreten. Dank  
den Verbreiterungen an den Enden der Blendenöffnung 13,  
können in ausreichendem Umfang reflektierte Laserstrahlen 3  
in die Lichtleitfaser 10 eintreten. Ein ausreichend hohes  
Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnis SNR von über  
10 einhundert ermöglicht zuverlässige Messungen auch auf  
Objekte in Distanzen  $d$  deutlich unterhalb einem Meter. Da  
zudem der erste Querschnittsbereich 34 aus Figur 4 im  
Vergleich zur Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 klein  
ist, wird ein wesentlicher Teil des Hintergrundlichts 28  
15 abgeblockt. Insbesondere bei Messungen auf ferne Objekte  
kann ein dominanter Teil der Hintergrundstrahlen 28 von der  
Blende 12 abgeblockt werden, wodurch das Nutzsignal-  
Hintergrundrauschen-Verhältnis SNR beim Messen auf Objekte  
ab einer bestimmten Distanz - im Vergleich zu einer  
20 Vorrichtung ohne Mittel zum Auswählen von Strahlen -  
deutlich erhöht wird. Dank den Mitteln kann hier sowohl in  
der Nähe zuverlässig und schnell gemessen als auch der  
Distanzbereich für Messungen auf ferne Objekte ausgeweitet  
werden.

25

Die als punkt-strichlierte Linie dargestellte zweite  
Kurve SNR-2 ist einer an sich bekannten, modifizierten  
Vorrichtung zugeordnet, bei der im Gegensatz zur  
erfindungsgemässen Vorrichtung der Figuren 1 bis 5 keine der  
30 Eintrittsfläche vorgelagerte Blende 12 vorgesehen ist und  
nur eine der dicken Lichtleitfaser 10 aus Figur 1  
vergleichbare Lichtleitfaser aufweist. Mit der modifizierten  
Vorrichtung lassen sich gleichfalls Distanzen deutlich

- 22 -

unterhalb eines Meters auf gerichtet reflektierende Objekte mit einem vergleichbaren Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnis SNR zuverlässig und komfortabel messen. Hingegen ist beim Messen auf Objekte oberhalb einer gewissen

5 Distanz  $d$  durch die fehlenden Blende 12 das Nutzsignal-Hintergrundrauschen-Verhältnis SNR deutlich niedriger, wodurch die maximal messbaren Distanzen  $d$  auf Objekte deutlich reduziert werden.

10 Die als strichlierte Linie dargestellte dritte Kurve SNR-3 ist einer weiteren modifizierten Vorrichtung zum Messen der Distanz zugeordnet, die im Gegensatz zur modifizierten Vorrichtung eine vergleichsweise dünne, zylindrische  
15 Lichtleitfaser aufweist. Der Durchmesser der dünnen Lichtleitfaser ist dabei für die vergleichende Darstellung von Figur 6 derart gewählt, dass die Eintrittsfläche der dünnen Lichtleitfaser in etwa der Fläche des von der Blende 12 nicht abgeschatteten Teils der Eintrittsfläche der dicken Lichtleitfaser 10 aus Figur 3 entspricht.

20

Über den - im Vergleich zu den zwei vorstehenden Ausführungsformen - kleineren Durchmesser können weniger vom nahen Objekt reflektierte Strahlen in die dünne Lichtleitfaser eintreten. Der in Richtung naher Distanzen  $d$   
25 steil abfallende Verlauf der dritten Kurve SNR-3 verunmöglicht hier sogar zuverlässige Messungen auf Objekte in Distanzen deutlich unterhalb einem Meter. Durch die von dem zentralen Reflexionselement abgeblockten, am nahen Objekt reflektierten Strahlen hat die dünnere Lichtleitfaser  
30 mit deren kleiner Ersteckung beim Messen auf nahe Objekte deutliche Nachteile. Beim Messen auf ferne Objekte entspricht ab einer bestimmten Distanz die dritte Kurve SNR-3 hingegen der ersten Kurve SNR-1 der erfindungsgemässen

- 23 -

Vorrichtung. Damit kann zumindest auf weit fernte Objekte zuverlässig gemessen werden.

Ein weiterer Vorteil einer erfindungsgemässen Vorrichtung, 5 beispielsweise mit einer Blende 12 und dicken Lichtleitfaser 10, ist die - im Vergleich zu den zwei modifizierten Vorrichtungen - kleinere Signalvariation beim Messen auf Objekte in unterschiedlichen Distanzen von nah bis fern. Dies gilt insbesondere im Übergangsbereich 10 zwischen nahen und fernen Objekten. Diese geringeren Unterschiede erlauben die Verwendung einfacherer elektro-optischer Einrichtungen zum Umwandeln ausgewählter Strahlen in elektrische Signale.

15 Figur 7 zeigt eine - der Figur 5 entsprechende - Gegenüberstellung von vier unterschiedlichen Draufsichten, wobei hier mit der erfindungsgemässen Vorrichtung im Gegensatz zu Figur 5 nicht auf das Eckwürfelprisma 8 aus Figur 1, sondern auf ein gestreut reflektierendes Objekt mit 20 einer natürlich rauen Oberfläche gemessen wird, das jeweils entsprechend der Figur 5 zur Vorrichtung beabstandet ist.

In der jeweiligen Draufsicht werden die eingesammelten, an der rauen Oberfläche gestreut reflektierten Laserstrahlen 25 auf die Blende 12 in der Brennebene 20 aus Figur 3 fokussiert. Da in Form eines dekollierten Bündels ausgesendete Laserstrahlen 1 aus Figur 1 durch die raue Oberfläche gestreut reflektiert werden, sind die projizierten Abbilder der eingesammelten, gestreut 30 reflektierten Laserstrahlen an deren Aussen- und Innenrand diffus unscharf abgegrenzt.

- 24 -

Der ersten Draufsicht liegt - entsprechend der Figur 5 - die nahe Distanz  $d$  von etwa einem Meter aus Figur 1 zugrunde. Die gestreut reflektierten Laserstrahlen füllen den durch die strichlierte Kreislinie 31 aus Figur 3 und 4 begrenzten Bereich für eingesammelte Strahlen mit Ausnahme einer rechteckigen Ausnehmung im Zentrum aus. Viele der an der rauen Oberfläche reflektierten Laserstrahlen, die das zentrale Reflexionselement passieren konnten, treten in die Eintrittsfläche ein und werden ausgewählt, so dass auch nahe Distanzen zuverlässig und schnell gemessen werden können.

Je grösser die Distanz zum Objekt mit der natürlich rauen Oberfläche gewählt wird, umso kleiner wird das Abbild reflektierter Laserstrahlen mit einer - im Vergleich zu Figur 5 ebenfalls kleineren - rechteckigen Ausnehmung.

Der vierten Draufsicht liegt eine ferne Distanz  $d$  von grösser einhundert Metern zugrunde. Der Querschnitt reflektierter und eingesammelter Laserstrahlen bildet hier in der empfängerseitigen Brennebene nur mehr eine punktförmige Fläche 35, die einen Durchmesser im Bereich von wenigen Mikrometern und im Zentrum praktisch keine Ausnehmung mehr aufweist.

Die hier für ein Messen auf gerichtet reflektierende Objekte optimierte Form der Blendenöffnung 13 ermöglicht es auch bei Messungen auf gestreut reflektierende Objekte einerseits die Variation des elektrischen Signals zwischen nahen und fernen Objekten zu reduzieren und andererseits auf nahe Objekte sicher und zuverlässig zu messen. Wie aus der ersten Draufsicht aus Figur 7 ersichtlich kann durch die beiden Verbreiterungen der Blendenöffnung 13 die mit abnehmender Distanz zunehmende Abschattung teilweise kompensiert werden.



- 25 -

Eingesammelte in Richtung der Eintrittsfläche projizierte Hintergrundstrahlen 28 werden durch die Blendendöffnung 13 umgebende Blende 12 aus Figur 3 hier zu einem wesentlichen Teil abgeblockt und können so nicht mehr in die Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 eintreten. Damit kann auch beim Messen an gestreut reflektierenden Objekten das Verhältnis zwischen gestreut reflektierten Laserstrahlen und Hintergrundstrahlen über die Blende 12 gesteigert werden. Dies ist insbesondere für Messungen auf ferne Objekte von Vorteil.

Figur 8 zeigt einen schematisch dargestellten Teil des Bündels projizierter Strahlen aus Figur 2 und zweite Mittel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Auswählen von Strahlen des Bündels in einer Schrägansicht. Die dicke Lichtleitfaser 10 aus Figur 2 und eine Zylinderlinse 36, die anstatt der Blende 12 aus Figur 2 oberhalb deren Eintrittsfläche angeordnet ist, bilden hier die zweiten Mittel zum Auswählen von Strahlen eines zusammenhängenden zweiten Querschnittsbereichs 37 des Querschnitts des Bündels projizierter Strahlen. Der zweite Querschnittsbereich 37 umfasst von der Vorrichtung ausgesendete, an einem Objekt reflektierte Laserstrahlen 3 und Hintergrundstrahlen 28 aus Figur 1, die vom Objektiv 2 eingesammelt wurden. Die Eintrittsfläche der Lichtleitfaser 10 ist mit Vorteil zwischen der Zylinderlinse 36 und deren Brennpunkt angeordnet.

Ein hier nicht dargestellter Teil des Bündels projizierter Strahlen geht entweder an der Zylinderlinse 36 vorbei oder trifft auf diese und verfehlt jedoch die Eintrittsfläche der Lichtleiterfaser 10. Ein hier schematisch dargestellter

- 26 -

anderer Teil des Bündels projizierter Strahlen trifft auf die Zylinderlinse 36, wird von dieser in Richtung der Eintrittsfläche gebrochen, kann in die Lichtleitfaser 10 eintreten und zum Empfänger weitergeleitet werden. Durch  
5 eine solche Kombination einer Zylinderlinse 36 und der Lichtleitfaser 10 werden aus dem eingesammelten, projizierten Bündel Strahlen aus einem bestimmten Bereich des Querschnitts des Bündels ausgewählt.

10 Der durch die zweiten Mittel ausgewählte zusammenhängende zweite Querschnittsbereich 37 weist eine längliche Form mit einer einzigen im Wesentlichen konstanten Ausdehnung über dessen Längsersteckung auf. Die beiden Enden sind bedingt durch die zylindrische Lichtleitfaser 10 jeweils mit einer  
15 Rundung versehen. Neben den Einfallswinkeln der projizierten Strahlen wird die Länge und die Ausdehnung in der Breite des Querschnittsbereichs 37 im Wesentlichen von der Brechkraft der Zylinderlinse 36 bzw. vom Durchmesser der Lichtleitfaser 10 bestimmt.

20

Der zweite Querschnittsbereich 37 weist hier - vergleichbar dem ersten Querschnittsbereich 34 aus Figur 4 - in der Mitte einen ersten Abschnitt 5 und an den beiden Enden jeweils einen zweiten Abschnitt 6 auf. Im Gegensatz zu Figur 4  
25 weisen die beiden zweiten Abschnitte 6 hier dieselbe Ausdehnung wie der erste Abschnitt 5 auf.

Je nach Ausbildung erfindungsgemässer Vorrichtungen können ausgewählte Querschnittsbereiche von Vorteil sein, die auch  
30 mehr wie zwei zweite Abschnitte aufweisen. Diese können beispielsweise sternförmig oder in Form eines vierblättrigen Kleeblatts um den ersten Abschnitt herum angeordnet sein.

- 27 -

Figur 9 zeigt dritte Mittel zum Auswählen von Strahlen einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Messen der Distanz in einer Schrägansicht.

- 5 Die Lichtleitfaser 10 und ein als Lichteinfang wirkendes, trichterförmiges Bauteil 38 aus Glas oder optisch transparentem Kunststoff, das anstatt der Zylinderlinse 36 oberhalb deren Eintrittsfläche angeordnet ist, bilden hier die dritten Mittel zum Auswählen von Strahlen eines
- 10 zusammenhängenden Querschnittsbereichs eines Bündels eingesammelter Strahlen. Die Eintrittsseite des trichterförmigen Bauteils 38 wird in einer erfindungsgemässen Vorrichtung - entsprechend der Blende 12 aus Figur 2 - in der empfängerseitigen Brennebene 20
- 15 angeordnet. Das trichterförmige Bauteil 38 kann gegebenenfalls zusätzlich wenigstens teilweise verspiegelt sein. Da der vom trichterförmigen Bauteil 38 ausgewählte Querschnittsbereich im Wesentlichen dem ersten Querschnittsbereich aus Figur 4 entspricht, weist es eine
- 20 der Blende 12 aus Figur 3 vergleichbare Wirkung auf.

- Figur 10 zeigt vierte Mittel zum Auswählen von Strahlen einer erfindungsgemässen Vorrichtung in einer Schrägansicht, die von einem trichterförmig zusammen gequetschten
- 25 Endstück 39 einer Lichtleitfaser gebildet werden. Die deformierte Eintrittsfläche des zusammen gequetschten Endstück 39 wird in einer erfindungsgemässen Vorrichtung - entsprechend der Blende 12 aus Figur 2 - in der empfängerseitigen Brennebene 20 angeordnet. Die Form der
- 30 deformierten Eintrittsfläche und die Form der Blendenöffnung 13 bzw. der Eintrittsseite des trichterförmigen Bauteils 38 aus Figur 9 weisen eine vergleichbare Wirkung auf.

- 28 -

Figur 11 zeigt eine der Figur 1 entsprechende Messanordnung mit einem gerichtet reflektierenden Objekt und einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Messen der Distanz von  
5 biaxialer Grundform.

Wie in Figur 1 wird hier auf ein als Eckwürfelprisma 8 ausgebildetes, gerichtet reflektierendes Objekt gemessen, das sich in einer veränderlichen Distanz  $d$  zur Vorrichtung  
10 befindet. Das Objekt wird hier - wie in Figur 1 - koinzidierend angemessen. Dabei ist Vorrichtung derart auf das Eckwürfelprisma 8 ausgerichtet, dass sich das Reflexionszentrum des Eckwürfelprismas 8 auf der Achse eines Bündels von der Vorrichtung modulierter und ausgesendeter  
15 Laserstrahlen 1 befindet.

Die biaxiale Vorrichtung weist hier ein Objektiv 2 zum Einsammeln von Strahlen, einen als fünfte Mittel zum Auswählen von Strahlen ausgebildeten Empfänger 7, ein  
20 weiteres Objektiv 41 mit rechteckiger Öffnung und eine Laserdiode 25 auf.

Die Emissionsfläche der Laserdiode 25 zum Erzeugen der modulierten Laserstrahlen ist auch hier wesentlich vor der  
25 Brennebene des Objektivs 41 angeordnet, wodurch die ausgesendeten Laserstrahlen 1 in Form eines dekollierten, deutlich divergenten Bündels - das dem dekollierten Bündel aus Figur 1 entspricht - auf das Eckwürfelprisma 8 projiziert werden.

30 Vom Objektiv 2 werden Strahlen eingesammelt, die wenigstens einen Teil der am Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 sowie Hintergrundstrahlen 28 umfassen. Die

- 29 -

am Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 liegen dabei in Form eines dekollierten Bündels vor. Die eingesammelten Strahlen werden in Richtung des Empfängers 7 projiziert, der hier in der Nähe der Brennebene 20 des  
5 Objektivs 2 angeordnet ist.

Wie bei der Vorrichtung aus Figur 1 treten beim Messen auf Objekte in sehr nahen Distanzen d - hier allerdings aufgrund der Parallaxe biaxialer Vorrichtungen - Probleme auf.

10

Figur 12 zeigt schematisch dargestellt eine vergrösserte Detailansicht der fünften Mittel zum Auswählen von Strahlen aus Figur 11 zusammen mit einem Abbild des Bündels eingesamelter, von einem nahen Objekt gerichtet

15 reflektierter Strahlen in Draufsicht. Der Empfänger 7 weist einen Detektor 40 mit einer aktiven Detektorfläche 42 auf. Die zusammenhängende Detektorfläche 42 weist hier eine länglich progressiv auseinander laufende, trompetenförmige Form auf.

20

Da - wie aus Figur 11 ersichtlich - der grösste Teil am nahen Eckwürfelprisma 8 reflektierter Laserstrahlen 3 vom Objektiv 2 nicht eingesammelt werden kann, bilden hier die reflektierten Laserstrahlen 3 einen schmalen, scharf  
25 abgegrenzten Kreisabschnitt 43, der gleichfalls über eine Vielzahl von Punkten schematisch dargestellt ist. Durch die rechteckige Öffnung des weiteren Objektivs 41 weist das Bündel ausgesendeter Laserstrahlen 1 einen rechteckigen Querschnitt auf, der die gerade Begrenzungslinie des  
30 Kreisabschnitts 43 verursacht. Die runde Begrenzungslinie geht auf die kreisförmige Öffnung des Objektivs 2 zurück.

- 30 -

Gemäss Figur 11 werden aber auch über das Objektiv 2 Hintergrundstrahlen 28 eingesammelt und in Richtung des Empfängers 7 projiziert. Diese treffen auf den gesamten hier dargestellten Teils des Empfängers 7. Neben den am

5 Eckwürfelprisma 8 reflektierten Laserstrahlen 3 werden dadurch auch auf die aktive Detektorfläche 42 fokussierte Hintergrundstrahlen 28 detektiert.

Über die Detektorfläche 42 werden von der erfindungsgemässen

10 Vorrichtung aus Figur 11 aus dem Bündel eingesammelter Strahlen gezielt Strahlen aus einem Querschnittsbereich des Bündels ausgewählt, der mit der aktiven Detektorfläche 42 zusammenfällt. Nur dieser Teil des Bündels eingesammelter Strahlen wird vom Empfänger 7 in elektrische Signale

15 umgewandelt. In diesem Ausführungsbeispiel entspricht der Querschnittsbereich mit den ausgewählten Strahlen der Detektorfläche 42.

Der Querschnittsbereich weist hier einenenden einen ersten

20 Abschnitt 5 und anderenenden einen zweiten Abschnitt 6 auf. Ausgewählte, von einem fernen Eckwürfelprisma 8 reflektierte Laserstrahlen 3 liegen innerhalb des ersten Abschnitts 5, während ausgewählte, von einem nahen Eckwürfelprisma 8 reflektierte Laserstrahlen 3 innerhalb des zweiten

25 Abschnitts 6 liegen. Der zweite Abschnitt 6 weist hier eine grössere Ausdehnung als der erste Abschnitt 5 auf, wodurch mehr der wenigen am sehr nahen Eckwürfelprisma 8 eingesammelten, reflektierten Laserstrahlen 3 aus Figur 11 detektiert werden können.

30

Figur 13 und 14 zeigen jeweils eine Gegenüberstellung, welche jeweils der Gegenüberstellung der Figur 5 bzw. 7 entspricht. Anstelle von Draufsichten auf Mittel zum

- 31 -

Auswählen von Strahlen der Vorrichtung von monoaxialer Grundform aus Figur 1 zeigen Figur 13 und 14 Draufsichten auf Mittel zum Auswählen von Strahlen der Vorrichtung von biaxialer Grundform aus Figur 11.

5

Die Draufsichten von Figur 13 zeigen scharf abgegrenzte Abbilder am Eckwürfelprisma 8 aus Figur 11 gerichtet reflektierter Laserstrahlen 3. Die Draufsichten von Figur 14 hingegen zeigen diffuse Abbilder an einer natürlich rauen  
10 Oberfläche gestreut reflektierter Laserstrahlen 3.

Die erste Draufsicht von Figur 13 zeigt einen rechteckigen Rahmen 44, der dem rechteckigen Querschnitt des dekollierten Bündels ausgesendeter Laserstrahlen 1 aus  
15 Figur 11 entspricht. Infolge des Abstand zwischen dem empfangsseitigen und dem sendeseitigen Objektiv 2 bzw. 41 werden die eingesammelten, gerichtet reflektierten Laserstrahlen 3 durch den Rand des runden Objektivs 2 begrenzt, so dass bei nahen Distanzen nur der  
20 Kreisabschnitt 43 auf den Empfänger 7 aus Figur 12 projiziert wird.

Bei einer Distanz  $d$  von etwa einem Meter - welche der ersten Draufsicht zugrunde liegt - ist der Kreisabschnitt 43 hier  
25 sehr schmal. Da gemäss der Erfindung in diesem Bereich die Detektorfläche 42 jedoch stark ausgedehnt ist, werden dennoch ausreichend am Eckwürfelprisma 8 reflektierte Laserstrahlen 3 detektiert, um zuverlässig und schnell Messen zu können.

30

Bei einer Distanz  $d$  von etwa 5 Metern - welche der zweiten Draufsicht zugrunde liegt - fällt der Kreisabschnitt 43 deutlich breiter aus und wandert in Richtung der Achse des

- 32 -

Bündels ausgesendeter Laserstrahlen 1 aus Figur 11. Die dadurch zunehmende Menge eingesammelter, reflektierten Laserstrahlen 3 kann teilweise durch die in derselben Richtung abnehmende Ausdehnung der Detektorfläche 42 teilweise kompensiert werden.

Bei einer Distanz  $d$  von etwa 20 Metern - welche der dritten Draufsicht zugrunde liegt - bildet das Abbild reflektierter Laserstrahlen 3 bereits eine ganze Kreisfläche.

10

Bei einer Distanz  $d$  von etwa einhundert Metern - welche der vierten Draufsicht zugrunde liegt - verschiebt sich die Position des Abbilds reflektierter Laserstrahlen 3 auch bei weiter zunehmender Distanz  $d$  nicht mehr. Alle eingesammelten, reflektierten Laserstrahlen 3 treffen nun auf den Teil der Detektorfläche 42 mit der kleinsten Ausdehnung. Bei noch grösseren Distanzen nimmt dann das umgewandelte, elektrische Signal quadratisch mit zunehmender Distanz ab.

15



- 33 -

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Messen der Distanz (d) zu fernen und nahen Objekten (8), an denen von der Vorrichtung modulierte und ausgesendete Laserstrahlen (1) reflektiert werden, mit
- einem gemeinsamen Objektiv (2) zum Aussenden der Laserstrahlen (1) und zum Einsammeln von Strahlen, die an den Objekten reflektierte Laserstrahlen (3) und Hindergrundstrahlen (28) umfassen,
  - Mitteln (12, 36, 38, 39, 40) zum Auswählen von Strahlen eines zusammenhängenden Querschnittsbereichs (34, 37) eines Bündels eingesammelter Strahlen, der einen ersten (5) und wenigstens einen zweiten Abschnitt (6) aufweist, wobei dem ersten (5) von einem fernen und dem wenigstens einen zweiten Abschnitt (6) von einem nahen Objekt reflektierte Laserstrahlen (3) zugeordnet sind und über den zweiten Abschnitt (6) nur ein Bruchteil der eingesammelten, vom nahen Objekt reflektierten Laserstrahlen (1) ausgewählt wird, und
  - einem Empfänger (7) zum Umwandeln ausgewählter Strahlen in ein einziges elektrisches Signal, über das mit Hilfe der Ausbreitungsgeschwindigkeit optischer Strahlen die Distanz (d) bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12, 36, 38, 39, 40) derart ausgebildet sind, dass der wenigstens eine zweite Abschnitt (6) mindestens die Ausdehnung des ersten Abschnitts (5) aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 zum Messen der Distanz (d) zu einem gerichtet reflektierenden Objekt (8), dadurch

- 34 -

- gekennzeichnet, dass die ausgesendeten Laserstrahlen (1) als dekolliertes Strahlenbündels ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**  
5 **gekennzeichnet**, dass die Mittel (12, 36, 38, 39, 40) derart ausgebildet sind, dass der ausgewählte Querschnittsbereich (34) wenigstens zwei zweite Abschnitte (6) aufweist, zwischen denen ein einziger erster Abschnitt (5) angeordnet ist, und dass  
10 gegebenenfalls der ausgewählte Querschnittsbereich (34) symmetrisch ausgebildet ist.
4. Vorrichtung zum Messen der Distanz (d) zu fernen und nahen, gerichtet reflektierenden Objekten (8), an denen  
15 von der Vorrichtung modulierte und ausgesendete Laserstrahlen (1), die als dekolliertes Strahlenbündel ausgebildet sind, reflektiert werden, mit
- einem Objektiv (2) zum Einsammeln von Strahlen, die an den Objekten reflektierte Laserstrahlen (3) und  
20 Hindergrundstrahlen (28) umfassen,
  - einem weiteren Objektiv (41) zum Aussenden der Laserstrahlen (1),
  - Mitteln (40) zum Auswählen von Strahlen eines zusammenhängenden Querschnittsbereichs eines Bündels  
25 eingesammelter Strahlen, der einen ersten (5) und einen zweiten Abschnitt (6) aufweist, wobei dem ersten (5) von einem fernen und dem zweiten Abschnitt (6) von einem nahen Objekt reflektierte Laserstrahlen (3) zugeordnet sind und über den wenigstens einen  
30 zweiten Abschnitt (6) nur ein Bruchteil der eingesammelten, vom nahen Objekt reflektierten Laserstrahlen (1) ausgewählt wird, und

- 35 -

- einem Empfänger (7) zum Umwandeln ausgewählter Strahlen in ein einziges elektrisches Signal, über das mit Hilfe der Ausbreitungsgeschwindigkeit optischer Strahlen die Distanz (d) bestimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (40) derart ausgebildet sind, dass der zweite Abschnitt (6) mindestens die Ausdehnung des ersten Abschnitts (5) aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12, 38, 39, 40) derart ausgebildet sind, dass der zweite Abschnitt (6) eine grössere Ausdehnung als der erste Abschnitt (5) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12, 38, 39, 40) derart ausgebildet sind, dass sich der ausgewählte Querschnittsbereich (34) ausgehend vom zweiten Abschnitt (6) hin zum ersten Abschnitt (5) derart verjüngt, dass beim Messen auf das gerichtet reflektierende Objekt (8) in unterschiedlichen Distanzen (d) von nah bis fern die jeweiligen Unterschiede zwischen der Intensität ausgewählter Strahlen reduziert werden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zum Messen auf ein gerichtet reflektierendes Objekt (8) und auf ein gestreut reflektierendes Objekt, dadurch gekennzeichnet, dass zum Messen auf das gestreut reflektierende Objekt die ausgesendeten Laserstrahlen als kollimiertes Strahlenbündels ausgebildet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die Mittel (12, 36, 38, 39, 40) derart ausgebildet  
sind, dass sich der ausgewählte Querschnittsbereich (34)  
ausgehend vom zweiten (6) hin zum ersten Abschnitt (5)  
5 derart verjüngt, dass beim Messen auf das gerichtet  
reflektierende (8) und auf das gestreut reflektierende  
Objekt jeweils in unterschiedlichen Distanzen (d) von  
nah bis fern die jeweiligen Unterschiede zwischen der  
Intensität ausgewählter Strahlen reduziert werden.
- 10 9. Vorrichtung nach einen der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Multimode-  
Lichtleitfaser (10) zum Weiterleiten ausgewählter  
Strahlen vorgesehen ist.
- 15 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die Mittel (39) zum Auswählen als länglich zusammen  
gequetschtes Endstück einer Multimode-Lichtleitfaser  
(10) ausgebildet sind.
- 20 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Mittel (12) zum Auswählen als  
Blende, beispielsweise als Schlitzblende oder als  
Kreuzschlitzblende, gegebenenfalls in Kombination mit  
25 der Eintrittsfläche der Multimode-Lichtleitfaser (10)  
ausgebildet sind.
- 30 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch  
gekennzeichnet**, dass die Mittel zum Auswählen als  
reflektives, refraktives oder diffraktives optisches  
Element, beispielsweise als Zylinderlinse (36),  
Freiformlinse oder, gegebenenfalls verspiegelter,  
Lichteinfangtrichter, gegebenenfalls vor der

- 37 -

Eintrittsfläche der Multimode-Lichtleitfaser (10)  
angeordnet, ausgebildet sind.

13. Vorrichtung nach einen der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch**  
5 **gekennzeichnet**, dass die Mittel zum Auswählen als  
Detektor (40) mit einer länglichen, aktiven  
Detektionsfläche (42) ausgebildet sind.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch**  
10 **gekennzeichnet**, dass Mittel (12, 36, 38, 39, 40) zum  
Auswählen in der Nähe der Brennebene (20) des Objektivs  
(2) zum Einsammeln von Strahlen angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch**  
15 **gekennzeichnet**, dass ein Okular (23) vorgesehen ist,  
wobei das Okular (23) und das Objektiv (41) ein Fernrohr  
zum Anzielen der Objekte (8) bilden.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1 / 3

Fig. 1

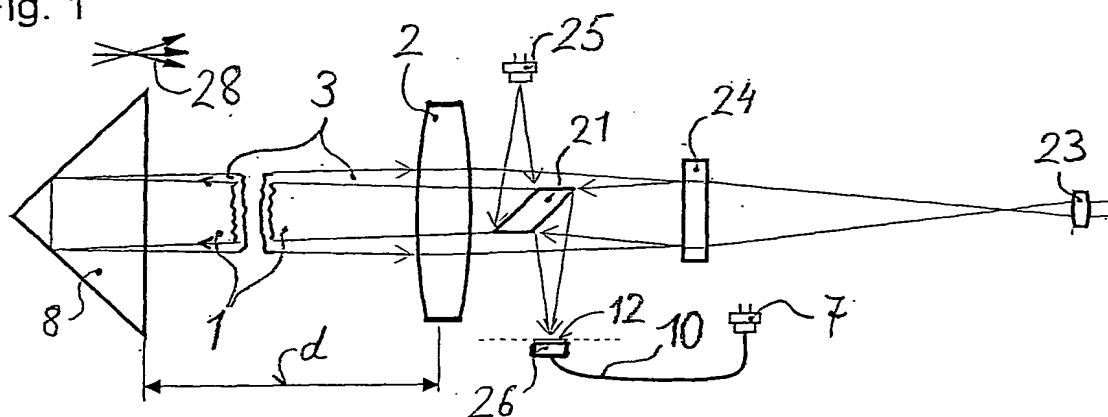


Fig. 2

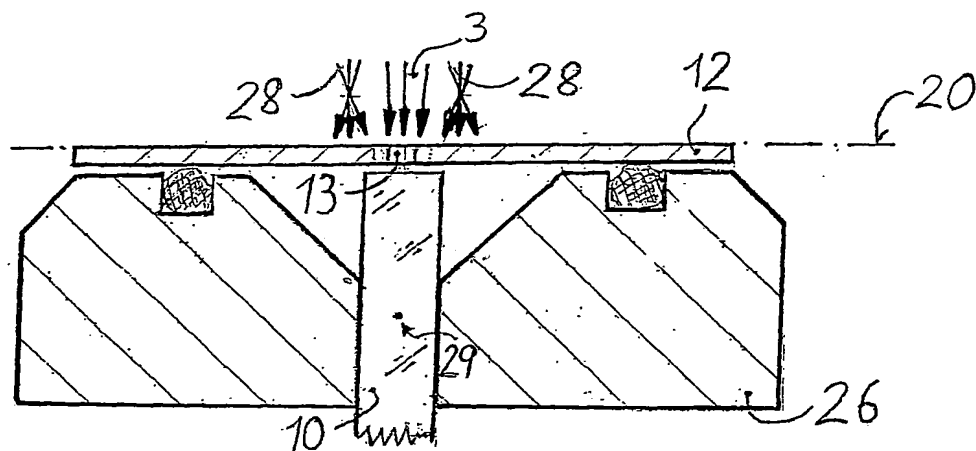


Fig. 3

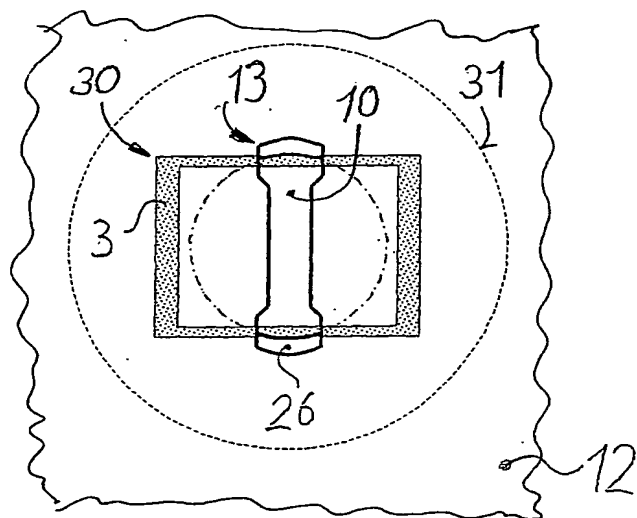
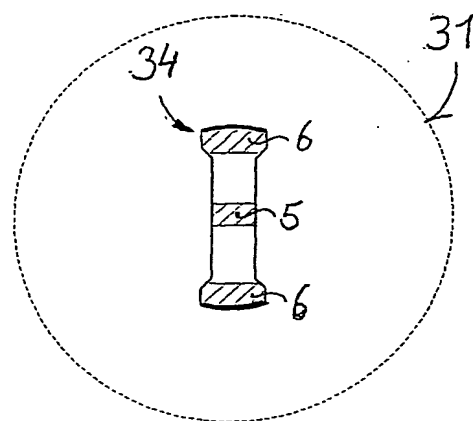


Fig. 4



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



2 / 3

Fig. 5

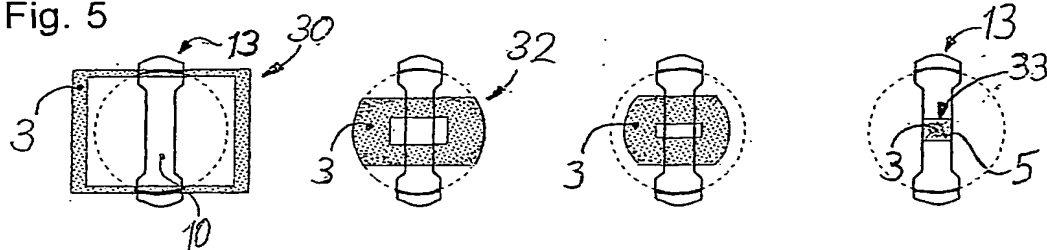


Fig. 6

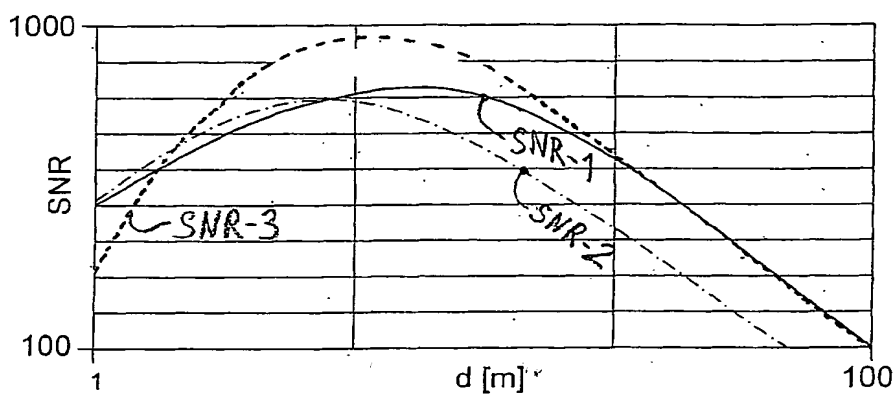


Fig. 7

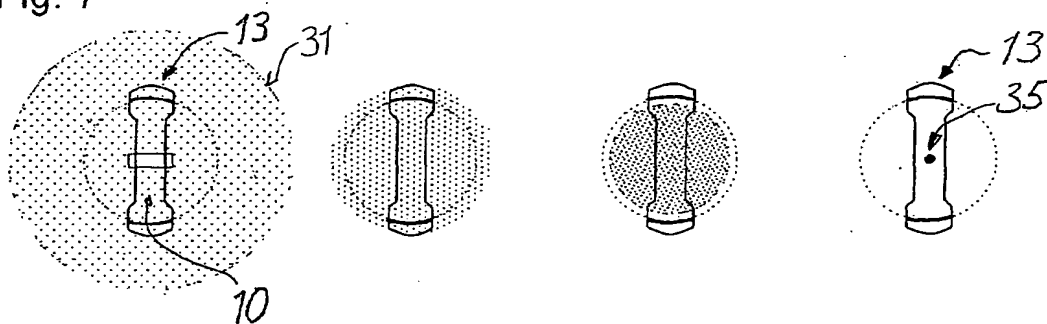


Fig. 8

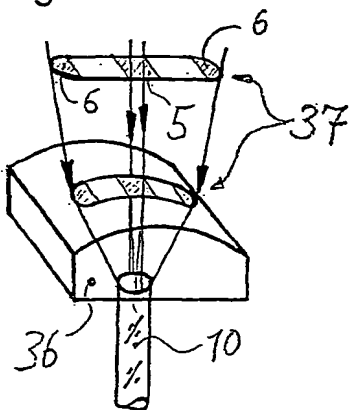


Fig. 9

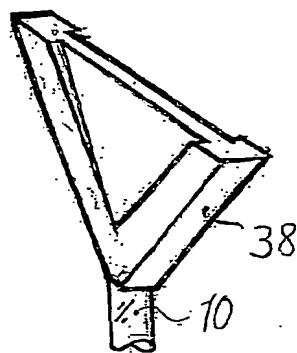
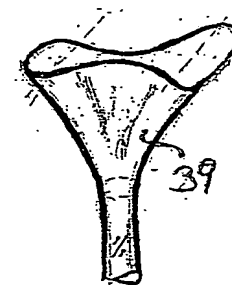


Fig. 10



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

3 / 3

Fig. 11

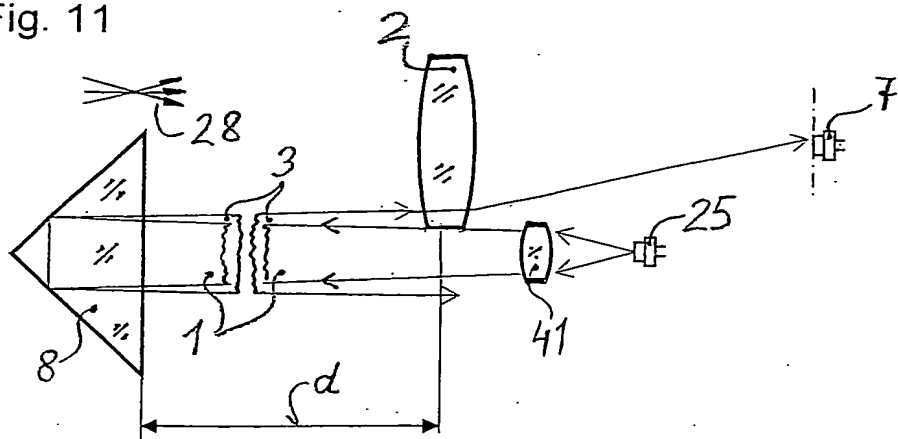


Fig. 12

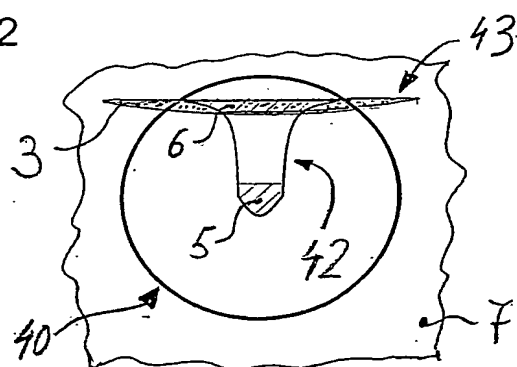
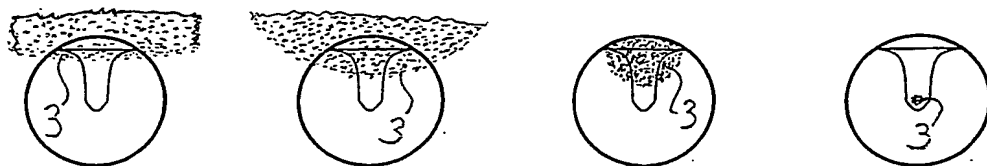


Fig. 13



Fig. 14



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**